

BEST AVAILABLE COPY

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-062505

(43)Date of publication of application : 28.02.2002

(51)Int.Cl.

G02B 27/18

G02B 26/06

G03B 21/00

G09F 9/00

(21)Application number : 2000-245869

(71)Applicant : CANON INC

(22)Date of filing : 14.08.2000

(72)Inventor : YAGI TAKAYUKI

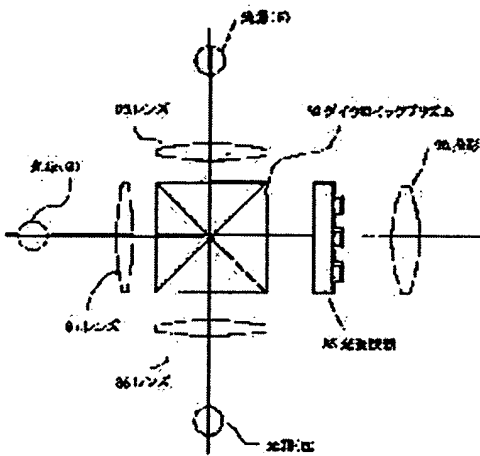
(54) PROJECTION TYPE DISPLAY DEICE AND INTERFERENCE MODULATION ELEMENT USED THEREFOR

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a projection type display device having high use efficiency of light which does not require a polarizer, in which the optical axis of incident light in an optical modulator coincides with that of light emitted from the optical modulator, and which has little rise in temperature of an element due to absorption of light and little loss in light quantity of the incident and emitted light.

SOLUTION: Three light sources, R, G and B, are provided, and after beams are made to pass through lenses 86, 87 and 88, the beams are formed into parallel beams by a dichroic prism 89, then are made incident on an optical modulator. The optical modulator consists of three kinds of optical

modulation elements corresponding to R, G and B, respectively. Each optical modulation element is an interference modulation (IMOD) element in which a translucent fixed layer part is opposed to a translucent movable film through airspace.



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2002-62505

(P2002-62505A)

(43) 公開日 平成14年2月28日 (2002.2.28)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テ-マ-ト* (参考)
G 0 2 B 27/18		G 0 2 B 27/18	Z 2 H 0 4 1
26/06		26/06	5 G 4 3 5
G 0 3 B 21/00		G 0 3 B 21/00	F
G 0 9 F 9/00	3 6 0	G 0 9 F 9/00	3 6 0 D

審査請求 未請求 請求項の数11 O L (全 10 頁)

(21) 出願番号 特願2000-245869(P2000-245869)

(22) 出願日 平成12年8月14日 (2000.8.14)

(71) 出願人 000001007

キヤノン株式会社

東京都大田区下丸子3丁目30番2号

(72) 発明者 八木 隆行

東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤ
ノン株式会社内

(74) 代理人 100065385

弁理士 山下 穰平

Fターム(参考) 2H041 AA05 AB16 AB38 AC06 AZ01

AZ05 AZ08

5G435 AA17 BB03 BB17 CC12 DD05

DD06 FF15 GG02 GG04 GG23

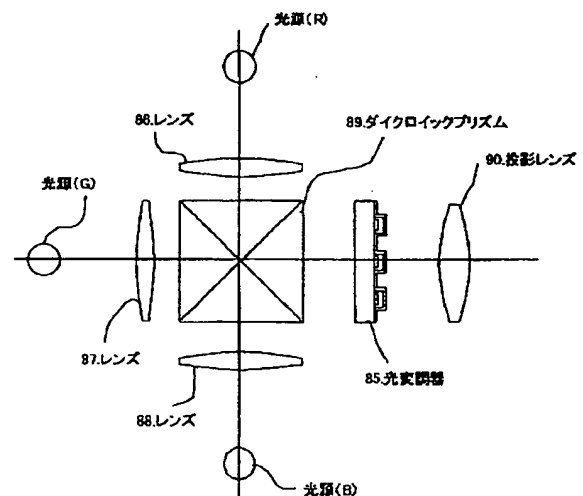
GG26 GG27 LL15

(54) 【発明の名称】 投影型表示装置及びそれに用いる干渉性変調素子

(57) 【要約】

【課題】 偏光板が不要で、光変調器へ入射光と光変調器からの射出光の光軸が一致し、光線の吸収による素子温度上昇が少なく、入射光及び射出光の光量損失の少ない光の利用効率の高い投影型表示装置を提供する。

【解決手段】 R、G、Bの3つの光源を設け、レンズ86、87、88を通した後にダイクロイックプリズム89にて平行光に成形した光線を光変調器に入射する。光変調器はRGBに夫々対応した3種類の光変調素子からなる。各光変調素子は、半透明固定層部と、半透明可動膜とを、空気層を介して対峙させた干渉性変調 (I M O D) 素子である。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 透明基板と、前記透明基板上に設置した半透明固定膜部と、半透明可動膜とを、空気層を介して対峙させてファブリペロー共振器を形成させ、前記半透明可動膜を変位させて、入射光を変調する干渉性変調素子を使用する投影型表示装置であって、狭波長域の複数の光源と、前記複数の光源からの光をそれぞれ変調する複数の前記干渉性変調素子と、前記干渉性変調素子で変調された前記光源からの光を一つの光軸に出射させるダイクロイックプリズムと、前記ダイクロイックプリズムから出射する光を投影する投影レンズとを備えることを特徴とする投影型表示装置。

【請求項2】 前記干渉性変調素子に入射する光の半値全幅に比べて、入射する光の最大光量となる波長に対し、前記干渉性変調素子の透過する光の半値全幅が広いことを特徴とする請求項1記載の投影型表示装置。

【請求項3】 前記空気層の厚さ δ が、前記複数の光源の各波長 λ に対し、 $\delta > p \cdot \lambda / 2$ (p は整数)を満たすことを特徴とする請求項1、2のいずれか一つに記載された投影型表示装置。

【請求項4】 前記干渉性変調素子に入射する光の半値全幅波長域と、非駆動時の前記干渉性素子の透過率の半値全幅波長域が重ならないことを特徴とする請求項3記載の投影型表示装置。

【請求項5】 駆動時の前記干渉性変調素子の透過波長域と入射する光線の波長域での重なり領域により透過光の強度変調を行うことを特徴とする請求項1乃至4のいずれか一つに記載された投影型表示装置。

【請求項6】 透明基板と、前記透明基板上に設置した半透明固定膜部と、半透明可動膜とを、空気層を介して対峙させてファブリペロー共振器を形成させ、前記半透明可動膜を変位させて、入射光を変調する干渉性変調素子を使用する投影型表示装置であって、狭波長域の複数の光源と、前記複数の光源からの光を一つの光軸に出射させるダイクロイックプリズムと、前記ダイクロイックプリズムから出射する光を変調する前記干渉性変調素子と、前記干渉性変調素子で変調された前記光源からの光を投影する投影レンズとを備えることを特徴とする投影型表示装置。

【請求項7】 前記半透明導体層と前記半透明可動膜に電圧を印加することにより、前記半透明可動膜を変位させることを特徴とする請求項1乃至6のいずれか一つに記載された投影型表示装置。

【請求項8】 前記半透明可動膜に電流を流す手段と、前記半透明可動膜に流れる電流方向に直交し且つ前記半透明導体膜に平行となるように磁束密度を生じさせる磁

界発生手段とを有することを特徴とする請求項1乃至6のいずれか一つに記載された投影型表示装置。

【請求項9】 前記光源はレーザー装置であることを特徴とする請求項1乃至8のいずれか一つに記載された投影型表示装置。

【請求項10】 前記光源は発光ダイオードであることを特徴とする請求項1乃至8のいずれか一つに記載された投影型表示装置。

【請求項11】 ファブリペロー共振器構造の干渉性変調器であって、透明基板と、前記透明基板上に設置された半透明固定膜部と前記半透明固定膜部と空隙を介して配置された導電性の半透明可動膜と、

前記半透明可動膜を支持する可撓梁と、前記可撓梁を基板より支持するポストと、前記半透明可動膜を変位させる変位手段とを備え、前記変位手段は：前記半透明可動膜に電流を流す手段と；前記半透明可動膜に流れる電流方向に直交し且つ前記半透明層に平行となるように磁束密度を生じさせる磁界発生手段とを有することを特徴とする干渉性変調素子。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明が属する技術分野】本発明は、基板上に設置された光入射部と、半透明可動膜とを、空気層を介して対峙させてファブリペロー共振器を形成させ、半透明可動膜を変位させて入射光を変調する干渉性変調(IMOD)素子を使用する投影型表示装置に関する。

【0002】

【従来の技術】従来のCRTに変わる様々な表示装置が開発されてきている。その例として、液晶表示装置、プラズマ表示装置、フィールドエミッションディスプレイ(FEDと称す)等がある。

【0003】なかでも液晶表示装置は、プラズマ表示装置やFEDに比べ真空を用いる必要がなく、素子の構成及び製造が比較的容易であり、薄型化や小型化がしやすいメリットを生かし、ノート型コンピュータ用ディスプレイや、投影型表示装置用マイクロディスプレイとしての応用が盛んになされている。その反面、液晶表示装置においては、液晶層の前後に偏光板を設ける為に入射光量の少なくとも50%以上が偏光板によりけられてしまい、入射光の利用効率が低いという課題がある。光変調器の画素毎の開口率改善を図っても、射出光の取り出し効率が50%を超えることはできない。

【0004】高輝度化の要望はますます大きくなっており、液晶に変わる光利用効率の高い表示装置の開発が望まれている。

【0005】近年、上記要望に答えるように、液晶表示装置とは異なり干渉を用いる機械式光変調器の開発の取

り組みがなされている。干渉を利用した機械式光変調器は、半導体回路製造技術を利用し微小な可動機構を形成するマイクロメカニクス技術を用いて作製され、可動機構をマイクロメーターサイズに小型化することでアレイ化でき、さらに高速応答性を期待でき、表示装置への応用が可能となっている。このような光変調器では偏光板が不用であることより、画素に占める変調部の開口率を向上することで入射光の高い利用効率を期待できることにある。

【0006】干渉を利用する光学変調器の代表的な例を以下に説明する。

【0007】T. Hatsuzawa等はInterferometric display devices (Transducers '99, 1999, p804-807)がある。これは、電圧を印加することで、ハーフミラーが基板側に移動し、基板側からの反射光がハーフミラーからの反射光と干渉し、これより反射光の明るさを変調するものである。

【0008】他の例として、M. W. Milesより、ファブリペロー干渉計の原理を応用した表示装置が提案されている(SID '00 Digest, 2000, 32-34)。これは、可動ミラーとinduced absorberを有する干渉型共振器との間での多重光束干渉により入射する多色光(自然光)の特定波長領域の光のみを反射しカラー表示を可能とするものである。

【0009】また、3色の光源を用いて、干渉の原理を利用した反射型表示装置(United States Patent No. 4, 403, 248)が提案されている。

【0010】また、ファブリペロー干渉を用い紫外線光源からの光を光変調し光変調器から射出される光を、光変調器に対向配置した蛍光体照射する表示装置(特開平11-258558号公報)も開示されている。

【0011】上述の光変調器では、液晶表示装置とは異なり偏光板が不要であり、光源から光変調器に入射する光の利用効率を飛躍的に上げることが期待できる。データプロジェクタや映画用表示装置では画面サイズが大きく、高輝度化の要望が特に大きい。投影型表示装置への応用が期待される。

【0012】

【発明が解決しようとする課題】上記干渉を利用する機械式光変調器を投影型表示装置に利用しようとする場合には、以下のような課題が現れる。

【0013】T. Hatsuzawa等のInterferometric display devicesの干渉条件では、光源より出た光線はデバイス直上より入射することとなる。このような光源とデバイスの配置を投影型表示装置に応用した場合には、ビームスピリッターやハーフミラー等が必要となり偏光板が不要にも係

らず、デバイスへの入射光量が低減されてしまうことになる。また、反射型表示装置とすることで、透過光はシリコン基板に入射するが、投影型表示装置に用いる光源の可視光が、シリコン基板にて光吸収し基板温度が次第に上昇していく事が予想される。可動機構は温度上昇に伴い熱膨張することとなり、梁の撓みが増え空隙間隔 δ のずれ、反射波長のシフトが発生してしまう。表示装置としてはカラーバランスずれ、色ムラや輝度低下に繋がる。

【0014】M. W. Milesによる光変調器はinduced absorberを有することで、上記温度上昇が発生しやすく、上記と同様な反射波長シフトが生じる。そのため、投影型表示装置として用いる高輝度光源が利用できず、暗く且つコントラストの低いものしか期待できない。

【0015】United States Patent No. 4, 403, 248(反射型)ではガラスを基板に用いることで上記温度上昇を回避することが可能となっている。しかしながら反射型表示装置では、光変調器へ入射する光軸と、光変調器から投影光学系を結ぶ光軸とが直線上になく、光学の位置調整が液晶パネルのような透過型タイプに比べ精度が必要となり、精密調整を行う事により製品価格が上昇してくる。さらに干渉を用いる光変調器では光の入射角により多重光束干渉する波長が変化する。これにより表示装置としては、光軸ずれによる色ムラや輝度低下に繋がることとなり、ミラーを用いる光変調器と比べてみてもその調整は厳密にする必要がある。このことは、調整コストの上昇に繋がる。

【0016】特開平11-258558号公報には、透過型表示装置が開示されており、上記の入射光線の吸収によるデバイスの温度上昇が生じにくく、平面光源を用いることで光軸調整等が容易となる可能性がある。しかしながら、紫外線にて発光する蛍光体からの光は表示面側のみではなく光変調器側にも出る為、トータルとしての光利用効率は半減する。

【0017】そこで、本発明は、(1)偏光板の不要な、(2)光変調器へ入射光と光変調器からの射出光の光軸が一致する、(3)光線の吸収による素子温度上昇の少ない、(4)入射光及び射出光の光量損失の少ない光の利用効率の高い投影型表示装置を提供することを課題としている。また、その投影型表示装置に好適な光変調素子を提供することを課題としている。

【0018】

【課題を解決するための手段】上記の課題を解決するための本発明の投影型表示装置は、透明基板と、透明基板上に設置された半透明固定膜部と、半透明可動膜とを、空気層を介して対峙させてファブリペロー共振器を形成させ、前記半透明可動膜を変位させて、入射光を変調する干渉性変調(OMOD)素子を使用する投影型表示装置であって、狭波長域の複数の光源と、前記複数の光源

からの光をそれぞれ変調する複数の前記IMOD素子と、前記IMOD素子で変調された前記光源からの光を一つの光軸に出射させるダイクロイックプリズムと、前記ダイクロイックプリズムから出射する光を投影する投影レンズとを備えている。

【0019】又、本発明の投影型表示装置は、透明基板と、前記透明基板上に設置した半透明固定膜部と、半透明可動膜とを、空気層を介して対峙させてファブリペロー共振器を形成させ、前記半透明可動膜を変位させて、入射光を変調する干渉性変調(IMOD)素子を使用する投影型表示装置であって、狭波長域の複数の光源と、前記複数の光源からの光を一つの光軸に出射させるダイクロイックプリズムと、前記ダイクロイックプリズムから出射する光を変調する前記IMOD素子と、前記IMOD素子で変調された前記光源からの光を投影する投影レンズとを備えている。

【0020】又、本発明の干渉性変調器は、ファブリペロー共振器構造の干渉性変調器であって、透明基板と、前記透明基板上に設置された半透明固定膜部と、前記半透明固定膜部と空隙を介して配置された導電性の半透明可動膜と、前半透明可動膜を支持する可撓梁と、前記可撓梁を基板より支持するポストと、前記半透明可動膜を変位させる変位手段とを備え、前記変位手段は、前記半透明可動膜に電流を流す手段と、前記半透明可動膜に流れる電流方向に直交し且つ前記半透明層に平行となるように磁束密度を生じさせる磁界発生手段とを有している。

【0021】

【発明の実施の形態】以下、図面を参照して本発明の実施の形態について説明する。

【0022】本発明の光変調素子はファブリペロー干渉、すなわち多重光束干渉を利用した光変調素子であり、投影型表示装置は前記光変調素子により変調された透過光を用いる。フィゾー縞を用いた光変調素子に比べて、透過率及び反射率の波長依存性が強く、且つ透過光と未透過の場合での輝度比(コントラスト)を大きくすることが可能である。光変調器は、上記光変調素子を、同一基板上に、1次元、又は2次元に複数配置したものである。

【0023】本発明の投影型表示装置は、光変調器裏面に狭波長帯の光線を入射し、透過する光線を前記光変調器にて変調し、投影レンズにて投影する表示装置であり、光変調器が空隙を介して平行に配置した2枚の半透明薄膜と前記半透明薄膜を変位する駆動手段よりなり、前記2枚の半透明薄膜の間隔を変化させることで、入射する光線により多重光束干渉を生じさせ、光線を透過又は反射させる。

【0024】固定半透明薄膜を形成する基板としては、可視光領域にて透過性の高い基板を用いる。主には、ガラス、石英基板等を用いる。石英基板を用いた場合、半

導体回路形成プロセスが適用でき、基板上にpoly-SiのTFT等の駆動用回路等を形成することができ

【0025】シリコンウエハも使用することが可能であり、この場合にはシリコンウエハ上に光変調素子を形成した後に、ウエハ裏面に貫通孔を開け、可動半透明薄膜直下のシリコンウエハを除去することとなる。

【0026】本発明で用いる光源及び光線について説明する。素子温度の変化や変位手段から可動半透明薄膜への制御信号のノイズにより光変調素子の干渉を行う空隙間隔が変動した場合、入射光線のスペクトラムの幅(波長域と称す)が広いと変調した透過光の波長変化として現れ、表示装置にて形成する表示像に色ムラが発生する。このような色ムラの発生を抑える為、本発明では、光源として単一波長に近い狭波長域の光線を出す光源を用いている。

【0027】狭波長域の好ましい範囲としては、光変調素子に入射する光の半値全幅に比べて、入射する光の最大光量となる波長に対し、光変調素子の透過する光の半値全幅が広い範囲である。これにより、たとえば半透明薄膜の間隔に変動が起きても色ムラを低く抑えることが可能となる。狭波長域となる光源としては、レーザーや発光ダイオードがあり、これら光源では光線の半値全幅が狭い。レーザー光は半値全幅が狭く、より好ましい光線である。光線としては、白色光源にフィルターを設け狭波長域にした光線を用いてもよい。

【0028】光変調素子に入射する光の半値全幅に比べて、入射する光の最大光量となる波長に対し、光変調素子の透過率の半値全幅が広い範囲であることにより、透過光の強度変調を行うことが可能である。図10を用いて説明する。透過光量は光変調素子の透過率の波長域と入射光線の重なり部分である。光変調素子の透過率の波長域は図中斜線を入れた波長域を持つ。ここで、透過率の最大光量となる波長は入射波長より大きくなるようにしている。この条件は、空隙間隔 δ が前記光線の波長 λ に対し、以下となる。

$$\delta > p \cdot \lambda / 2 \quad (p \text{ は整数}) \quad (\text{式1})$$

【0029】この条件により、素子を変位させない場合、表示装置としては「暗」状態となる。素子温度の変化や変位制御信号のノイズ変動等が生じた場合でも「暗」であり、空隙間隔の変動による透過光量変動は無い。空隙間隔を連続的に短く変化させることで画像として「暗」から「明」への連続諧調が出せる。

【0030】素子が変位しない状態で空隙間隔 δ を $p \cdot \lambda / 2$ (p は整数)にすると(表示装置としては「明」状態)、上記変動があると透過光量が低下する。静電引力により空隙間隔を変化させる場合には、常に空隙間隔は狭くなる方向であり、入射光の波長と反射率の中心波長を等しくさせると、変動に対処できず、輝度向上をみこめない。本発明では、温度変化や制御信号ノイ

ズ等の変動に強い投影型表示装置を提供できる。

【0031】光変調素子の変位手段としては、静電引力、磁気力が用いられる。具体的には、可動半透鏡薄膜と固定半透鏡薄膜が導電性を有している場合には、この間に電圧を印加することで静電引力が発生し、可動半透鏡薄膜が固定半透鏡薄膜の方向に変位し、空隙間隔dを変えることができる。

【0032】変位手段に磁気力を用いる場合には、可動反射薄膜が固定半透鏡薄膜と対向する方向、及び可動半透鏡薄膜に流す電流の方向に直行する方向に磁束が形成されるように磁石を配置する。可動半透鏡薄膜を変位させる力は、電流・磁束密度・力のフレミングの左手の法則に従った方向に作用するローレンツ力から求められる。このことにより、流す電流に比例して空隙間隔δを変えることができる。

【0033】次に、本発明の可動半透鏡薄膜及び固定半透鏡薄膜の材料について述べる。ファブリ・ペロー干渉を原理として多重光束干渉を行うには、可動半透鏡薄膜は光を反射すると共に透過する反透過膜からなる。このためには、材料としては金属、金属化合物、半導体を使用できる。金属として半透過膜となるように薄膜形成できれば良く、金、銀、アルミニウム、パラジウム、亜鉛、ニッケル等様々な材料を用いることができる金属化合物としては、例えば、ITO、SnO₂、酸化亜鉛等も電子密度を高くすることで反射率の高い膜を得ることができ、使用することが可能である。半導体としては、シリコン、poly-Si等を使用することができ、ドーパント濃度を調整することで低抵抗化でき、導電材料として利用できる。

【0034】金属は反射率が高く、半透過膜としては好適となるが、光透過性を持たせるためには、数十～数百オングストローム程度に薄膜化する必要がある。数十～数百オングストローム程度の薄膜では金属の種類により機械的強度が低下する場合があります、この場合には、入射光を透過する波長に対して透過率の高い誘電体薄膜と金属薄膜の2層よりなる可動半透鏡薄膜を用いる場合がある。前記誘電体薄膜の変わり、可視光に透過性のある透明導電性薄膜であるITO、SnO₂、酸化亜鉛等を用いても良い。

【0035】透明導電性薄膜と金属薄膜との構成からなる可動反射薄膜では、可動反射薄膜を低抵抗にすることができ電流も十分に流すことができる。

【0036】以下、図面を参照して実施形態ごとに説明する。

【0037】(第1実施形態) 本発明の投影型表示装置の第1の実施形態について以下説明する。

【0038】図1は本発明の投影型表示装置であり、赤、緑、青の3つの狭波長帯光源1、2、3と夫々の光線をコリメートするレンズ4、5、6と、光変調素子がアレイ状に配置した光変調器7、8、9と、光変調器を

通して変調された光線束ねるダイクロイックプリズム10とダイクロイックプリズムからの光線を投影する投影レンズ11よりなる。ここで、一つの光変調素子は一画素を構成している。本発明の投影型表示装置は、光変調器裏面に狭波長帯の光線を入射し、透過する光線を前記光変調器にて変調し、投影レンズにて投影する表示装置であり、光変調器が空隙を介して平行に配置した2枚の半透鏡薄膜と前記半透鏡薄膜を変位させる駆動手段よりなり、前記2枚の半透鏡薄膜の間隔を変化させることで、入射する光線により多重光束干渉を生じさせ、光線を透過又は反射させる。

【0039】次に、光変調素子の構成及び駆動原理、変位特性について、図2、図3(図2のAA断面である)、図4を参照して説明する。

【0040】図2、3に示すように、基板21に固定半透鏡薄膜22が形成され、可動半透鏡薄膜23が空隙間隔dを保ち固定半透鏡薄膜22に平行に、ポスト25に連結した撓み弾性変形の可能な可撓梁24により、支持されている。ポスト25、可撓梁24及び可動半透鏡薄膜23は導電性を有し、固定半透鏡薄膜上に設けた絶縁層27上に形成した配線26に電氣的に接続している。固定半透鏡22は、電圧電源28に電氣的に接続している。可撓梁24は、4つの梁にて可動反射薄膜73を機械的に支持している。

【0041】図4は、光変調素子の特性図である。可動半透鏡薄膜23と固定半透鏡薄膜22を電極として用い、この2枚の電極間に電圧を印加すると静電引力が発生する。静電引力は、2枚の電極間距離をL、電圧をVとすると、静電引力は以下の式となる。

$$F = (1/2) \times \epsilon \times A \times (V^2/L^2) \quad (\text{式2})$$

【0042】ここで、εは誘電率(本発明では空隙の誘電率となる)、Aは電極面積である。可動半透鏡薄膜は可撓梁により支持されており、この可撓梁の弾性率と(式2)が釣り合う位置が空隙間隔L=dとなる。この釣り合い条件は図中電圧Vt(崩れ電圧と称す)までならかな変化を示す。印加電圧がVt以上になると(このときの空隙間隔をdtとする)、静電引力が弾性による復元力に勝り、可動半透鏡薄膜が固定半透鏡薄膜に接触した状態となる。

【0043】このようなヒステリシスを有する変位手段を用いて光変調を行う場合としては、光変調素子の可動領域としてd ≥ L > dtの間でのなだらかな領域を使用する、又は可動半透鏡薄膜と固定半透鏡薄膜の接触状態と非接触状態の2つの状態を使用する2値変位動作、の2つ方法がある。2値変位動作で使用する場合には、接触した際に可動半透鏡薄膜23と固定半透鏡薄膜22の間で導通しないように、本発明では図6に示すように固定半透鏡薄膜上に絶縁層を設ける必要がある。絶縁膜としては、図2の固定半透鏡薄膜22と配線26の絶縁を保つ為に設けた絶縁膜27を用い、固定半透鏡膜上に覆っ

ても良い。図4の $0 \leq V < V_t$ の印加電圧 V の領域で変位をする場合には、透過条件での空隙間隔 d_{on} と反射条件での空隙間隔 d_{off} が $L > d_t$ を満たすよう狭波長幅となる光源を用いる事となる。

【0044】図1を用いて説明した投影型表示装置に用いた光変調器の具体的構成について説明する。光変調器は一つの基板上に設けた2次元に配列した光変調素子からなっている。RGBに夫々対応した空隙間隔を有する光変調器7、8、9の3つを用いた。光変調器7、8、9の夫々は、空隙間隔以外の基板、可動半透鏡薄膜、固定半透鏡薄膜、可撓梁、ポスト等は同様の構成からなっており、基板21は石英であり、可動半透鏡薄膜23及び可撓梁24、ポスト25は、半透鏡となるAl膜と100nmのシリコン窒化膜の2層薄膜からなる。Al膜が基板側となるようにしてあり、また、ポスト25と可撓梁24と可動半透鏡薄膜23は同一膜厚となっている。固定半透鏡薄膜22は、可動半透鏡薄膜23と同一膜厚のAl膜より成っている。Al膜の厚みは、反射係数が0.9となるように調整してある。窒化膜を設けたことで、Al薄膜のみに比べて可動半透鏡薄膜の剛性を

高めることができています。光変調器7、8、9の夫々の空隙間隔は267nm、327nm、248nmであり、電圧 $V < V_t$ の時に多重光束干渉にて波長514nm、633nm、476nmの光が、透過率が最大となるように設定してある。入射光の入射角は 0° である。

【0045】光変調器8を例にとりその変調特性を、図6を用いて説明する（図中では、光変調素子は2つのみ表示してある）。基板下面より、光源2として赤色のHe-Neレーザー（波長633nm）を照射する。基板上面より、レーザー光の透過率を測定した。電圧電源29では固定半透鏡薄膜に電圧を印加せず、電圧電源28に電圧（印加電圧 $V < V_t$ ）を印加した。図6の左の光変調素子では、赤色のレーザー光は透過するが、右の光変調素子ではレーザー光の透過は見られない。なお、電圧を印加した状態での右の光変調子の空隙間隔は317nm程度であった。光源1、3として、アルゴンイオンレーザー（513nm、476nm）を用いて、光変調器7、9について、電圧の印加の有無による透過率を計測したところ同様に、無印加時には透過光が測定されたが、電圧を印加すると透過しなかった。

【0046】以上より、図1の投影型表示装置に用いる光変調器を構成する光変調素子に電圧を印加することで投影レンズを通して投影された画像を形成することができ、本発明の投影表示装置では偏光板を用いることなく高輝度の画像形成が可能である。

【0047】（第2実施形態）図7は本発明の投影型表示装置に用いる光変調素子の第2の実施形態の構成図を説明する上面図（a）と断面図（b）であり、図8は図7に示した光変調素子の変位特性を説明する電流-変位関係図である。

【0048】図7（a）、（b）を参照して本実施形態の光変調素子の構成について詳しく説明する。図7

（a）より、基板71には固定半透鏡薄膜72が形成され、可動半透鏡薄膜73が空隙間隔 d を保ち固定半透鏡薄膜72に平行に、ポスト75に連結した撓み弾性変形の可能な可撓梁74により、支持されている。ポスト75、可撓梁74及び可動半透鏡薄膜73は導電性を有し、電流電源79、80に電氣的に接続している。可撓梁74は、4つの梁で可動半透鏡薄膜73を機械的に支持している。磁石77、78は可動半透鏡薄膜73に流れる電流方向に直交するようにN極とS極が対向するように配置されている。磁石77、78により可動半透鏡薄膜位置に磁束密度 B が生じ、可動半透鏡薄膜73に電流 I を流すと図7（b）（図中磁石は不図示、図面垂直方向に配置されている）に示すように基板の固定半透鏡薄膜方向に力 F が生じ、空隙間隔 d が変化する。ここで力 F は可動半透鏡薄膜73と可撓梁74の長さを（1）とすると、 $1 \times 1 \times B$ となる事より、図8に示すように、空隙間隔 d と電流 I は線形関係となる。

【0049】可動半透鏡薄膜73と固定半透鏡薄膜72とに電圧を印加し発生する静電引力は、空隙間隔 d の二乗に反比例し、且つ空隙間隔が3分の2以下になる臨界電圧 V_t にて可動半透鏡薄膜73が固定半透鏡薄膜方向72に引き込まれてしまうが（「崩れ変位」と称す）、本実施形態で示した光変調器では、変位が電流に比例しているために駆動制御が行いやすい。また、崩れ変位がなく、可動半透鏡薄膜の変位距離を長くとれる。さらに、電流の流れる方向を変えることにより、可動半透鏡薄膜を基板側とは逆方向に変位させることも可能である。

【0050】このことより、本発明の光変調素子は可動半透鏡薄膜の可動範囲を広くとることができ、単一空隙間隔となる光変調素子を複数配置し光変調器を構成し、各光変調素子に流す電流を変えることで、RGB3色の干渉に対して、空隙間隔をそれぞれ変えることができる光変調器を提供できる。

【0051】基板71はガラスであり、膜厚50nmのAl薄膜の固定半透鏡薄膜72が設けてある。可動半透鏡薄膜73及び可撓梁74、ポスト75は、半透鏡となるAl膜と100nmのITO膜の2層薄膜からなる。ポスト75と可撓梁74と可動半透鏡薄膜73は同一膜厚となるが、可撓梁74は開口部が設けられていることで可動半透鏡薄膜73に比べて剛性を下げることができ、力 F により、可撓梁が撓むこととなる。ITO膜を設けたことで、Al薄膜のみに比べて可動半透鏡薄膜73に、より多くの電流を流すことが可能であり可動範囲を大きくとることが可能である。空隙間隔 d は317nmとしてある。磁石77、78はSmCoを用い、光変調素子の位置にて0.8Tとなるように配置した。固定半透鏡薄膜72は、可動半透鏡薄膜73と同一膜厚のA

1膜より成っている。A1膜の厚みは、反射係数が0.9となるように調整してある。

【0052】光変調素子の変調特性について以下に述べる。入射光の入射角は 0° である。基板下面よりHe-Neレーザー（波長633nm）を照射した。基板上面より、レーザー光の透過を観察した。電流を流さない状態で赤色のレーザー光は透過しており、次に電流を流し空隙間隔dが160nm程度となるように電流100mAを流すとレーザー光の透過は見られず、基板裏面への反射光が増した。次に、同素子を用いて、アルゴンイオンレーザー（波長514nm）を基板裏面より照射し、基板上面より透過光を観察した。電流を38mA流すことで緑色のレーザー光が透過し、120mA流すと透過光は見られず、基板裏面への反射光が増した。次に、同素子を用いて、アルゴンイオンレーザー（波長476nm）を基板裏面より照射し、基板上面より透過光を観察した。電流を50mA流すことで青色のレーザー光が透過し、126mA流すと透過光は見られず、基板裏面への反射光が増した。本発明の光変調素子を用いて、赤、緑、青夫々の色に対し多重光束干渉による変調を行うことができています。

【0053】この光変調素子を2次元に配置した光変調器85を用いて投影型表示装置を製作した（図9）。図9に示すように赤色の狭波長の光源（R）、緑色の狭波長の光源（G）、青色の狭波長の光源（B）の3つの光源を設けている。各々の光源を出た光は、レンズ86、87、88を通して平行光に整形された後にダイクロイックプリズム89にて混合され、光変調器に入射する。そして、光変調器から射出した光線は、投影レンズ90を通して拡大投射される。赤、緑、青の光源として、He-Neレーザー、アルゴンイオンレーザーを用いており、光変調素子に上記に示したと同様の電流を流すことで各波長の光のON、OFFを制御することが可能となるカラー表示像を形成できる投影型表示装置を提供できた。同位置の光変調素子にて、赤、緑、青を変調することができるため、夫々の色に応じた光変調素子を設ける必要が無い。

【0054】（第3実施形態）本発明の光変調素子の変調について図10を用いて説明する。

【0055】透過光量は光変調素子の透過率の波長域と入射光線の重なり部分である。光変調素子の透過率の波長域は図中斜線を入れた波長域を持つ。図中斜線を入れた波長域は、光変調素子の半透明可動膜を変位させない状態での透過波長域である。そして、その透過波長域において、透過光の光量が最大となる波長が入射波長より大きくなるようにしている。光変調素子としては、第2実施形態にて説明した図7、8に記載の光変調素子を用いた。使用した光源はアルゴンイオンレーザー（波長476nm）である。用いた光変調素子の可動半透鏡薄膜と固定半透鏡薄膜の反射係数は0.87とした。また、

空隙間隔dは317nmとし、入射光の入射角は 0° である。空隙間隔dは $\delta > \lambda/2$ を満足している。

【0056】素子を変位させない場合、表示装置としては「暗」状態となっている。

【0057】電流量を上げるに従い、透過光の光量が増し、38mAで光量が最大となった。電流量を下げることで、光量が徐々に減っていった。本発明の駆動は、第1実施形態にて用いた静電引力による変位手段を用いた光変調素子においても有効である。

【0058】この光変調素子を用いて図1の表示装置を製作し、画像を投影した結果、連続諧調が可能であった。連続諧調表示は、空隙間隔を変えることで、光変調素子の透過率の波長域と入射光線の重なり部分を制御して行った。

【0059】（第4実施形態）図11には、第4実施形態の投影型表示装置を示す。図11は夫々異なる空隙間隔を有する光変調素子を複数設けた本発明の光変調器の構成図である。図中では3つのみ表示してある。

【0060】光変調器はRGBに夫々対応した3種類の光変調素子からなる。空隙間隔以外の基板、可動半透鏡薄膜、固定半透鏡薄膜、可撓梁、ポスト等は図2、3で示した第1実施形態と同様のものを用いている。基板200は石英よりなり、可動半透鏡薄膜201、202、203及び可撓梁（不図示）、ポスト（不図示）は、半透鏡となるA1膜と100nmのシリコン窒化膜の2層薄膜からなる。A1膜が基板側となるようにしてあり、また、ポストと可撓梁と可動半透鏡薄膜は同一膜厚となっている。窒化膜を設けたことで、A1薄膜のみに比べて可動半透鏡薄膜の剛性を高めることができています。固定半透鏡薄膜211、212、213は、可動半透鏡薄膜と同一膜厚のA1膜よりなる。A1膜の厚みは、反射係数が0.9となるように調整してある。この光変調素子では「崩れ変位」を利用した2値の変位制御方式をとっている。可動半透鏡薄膜と固定半透鏡薄膜との電気的ショートを避けるために固定半透鏡薄膜上には絶縁層211、222、223が設けてある。絶縁層は二酸化シリコンよりなり、厚みは92nmである。絶縁層と可動半透鏡薄膜との空隙間隔は図11左から182nm、122nm、103nmであり、夫々多重光束干渉にて波長630nm、514nm、476nmの光が、透過率が最大となるように設定してある。各光変調素子毎に電圧電源231、232、233が設けられている。

【0061】この光変調素子を2次元に配置した光変調器を用いて図9に示した投影型表示装置を製作した。赤、緑、青の光源としては、赤色LED、アルゴンイオンレーザー、アルゴンイオンレーザーを用いた。電源からの印加電圧のON、OFFにより可動半透鏡薄膜が絶縁層に接触、非接触状態となる。これに伴い、各波長の透過光をON、OFF制御することが可能となっている。点灯時間を制御することで投影レンズより投影され

た表示画素毎の諧調を制御することができた。図1に比べ、本発明の光変調器では、一基板上に赤、緑、青に応じた光変調素子を並べたことで、1枚の光変調器にてカラー表示が可能な投影型表示装置を形成できた。

【0062】

【発明の効果】以上説明した本発明によれば、干渉を利用する機械式光変調器を用いることで光変調素子への入射光及び光変調素子からの射出光の光利用効率を高めることができ、明るい投影型表示装置を提供することが可能となった。また、光変調器へ入射光と光変調器からの射出光の光軸が一致することで光学系の位置調整が容易となり、調整コストを下げられる投影型表示装置を提供することが可能となった。また、多重光束干渉の透過型の機械式光変調素子を用いたことで素子での光吸収を下げることで素子温度上昇を低減できる投影型表示装置を提供することが可能となった。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の投影型表示装置の第1の形態を説明する為の図である。

【図2】本発明の第1の光変調素子を説明する為の斜視図である。

【図3】本発明の第1の光変調素子の駆動説明図である

【図4】本発明の第1の光変調素子の変位特性の説明図である。

【図5】本発明の固定半透鏡薄膜の構成例を示す断面図である。

【図6】本発明の複数の光変調素子からなる光変調器の*

* 動作説明図である。

【図7】本発明の第2の光変調素子の構成を説明する上面図及び断面図である。

【図8】本発明の第2の光変調素子の変位特性の説明図である。

【図9】本発明の投影型表示装置の第2の形態を説明する為の図である。

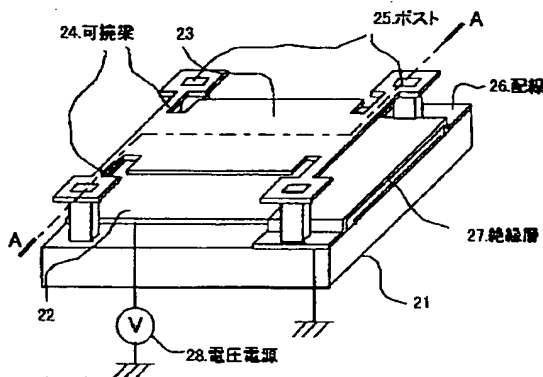
【図10】本発明の光変調素子の波長域を説明する図である。

【図11】本発明の第3の光変調器を説明する断面図である。

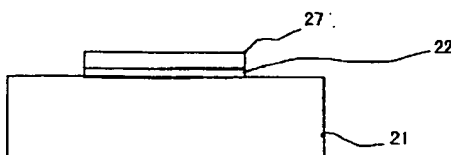
【符号の説明】

- 1、2、3 光源
- 4、5、6、85、86、87 レンズ
- 7、8、9、85 光変調器
- 10、89 ダイクロイックプリズム
- 11、90 投影レンズ
- 21、71、200 基板
- 22、72、211、212、213 固定半透鏡薄膜
- 23、73、201、202、203 可動半透鏡薄膜
- 24、74 可撓梁
- 25、75 ポスト
- 26 配線
- 27、221、222、223 絶縁層
- 28、29、231、232、233 電圧電源
- 77、78 磁石
- 79、80、81 電流電源

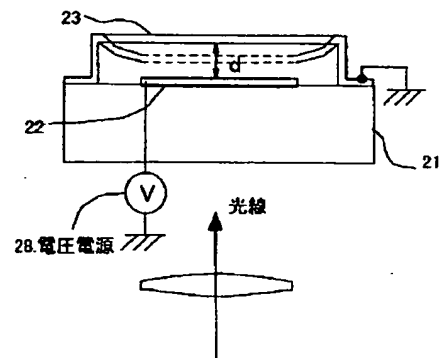
【図2】



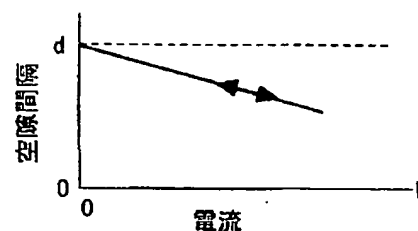
【図5】



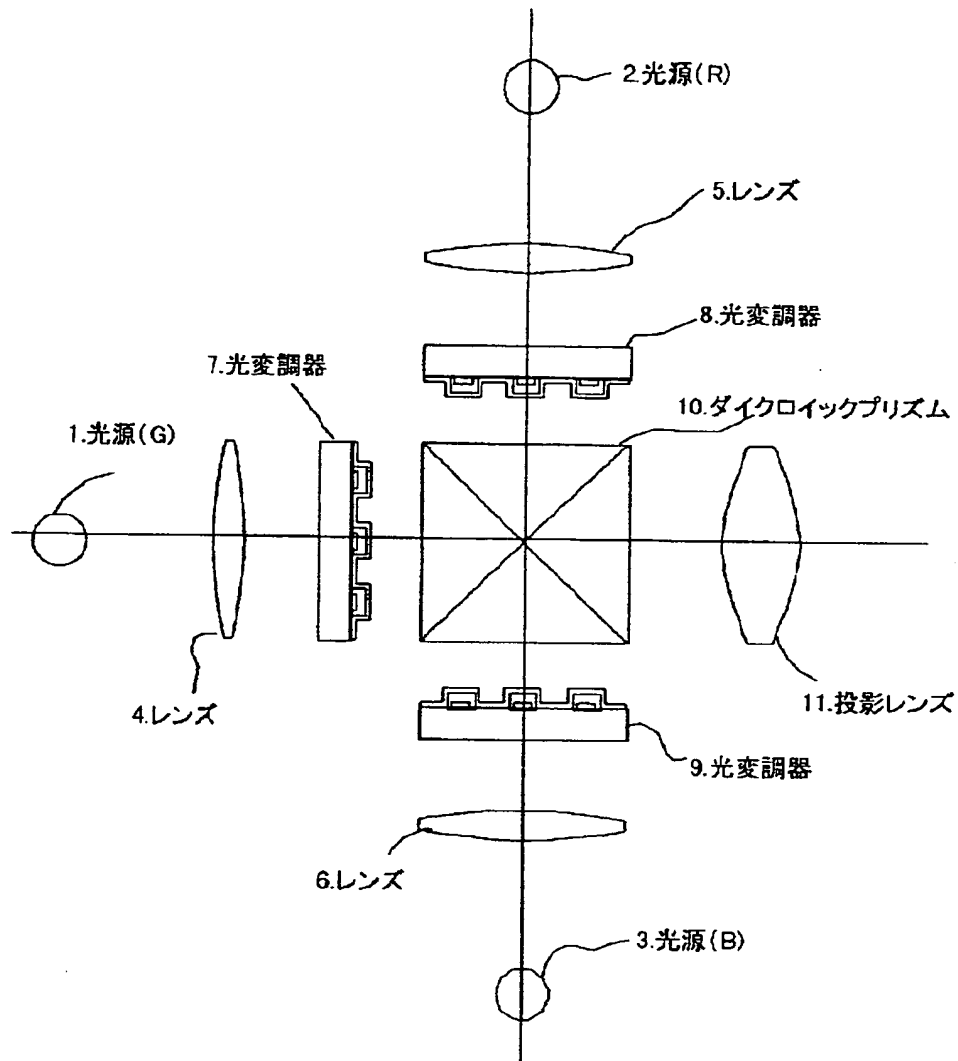
【図3】



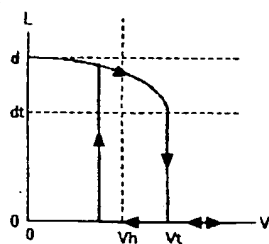
【図8】



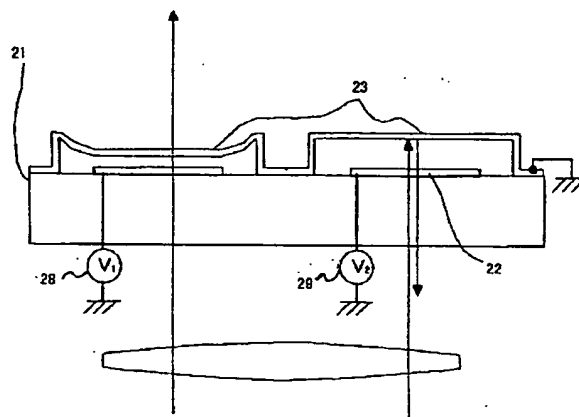
【図1】



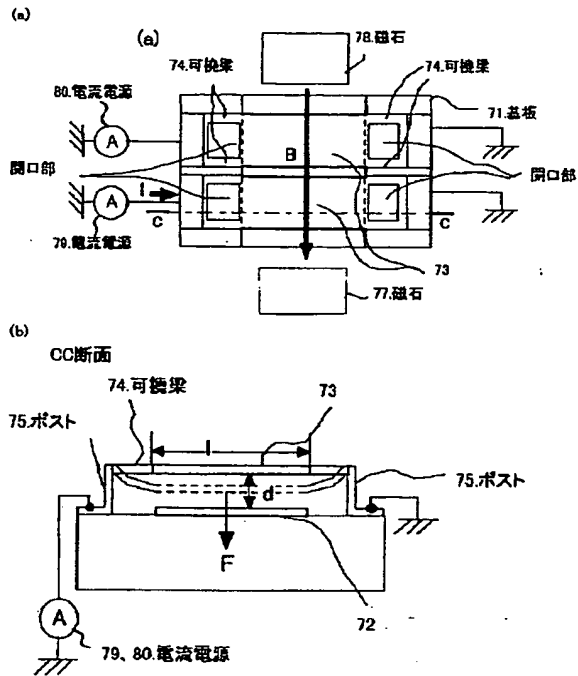
【図4】



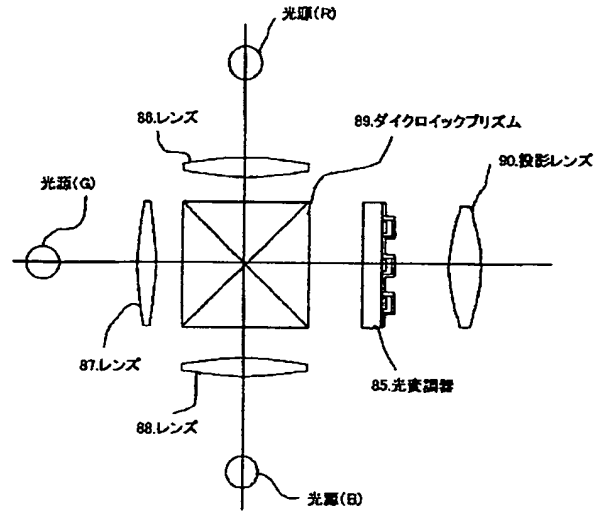
【図6】



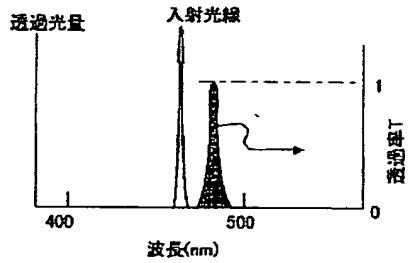
【図7】



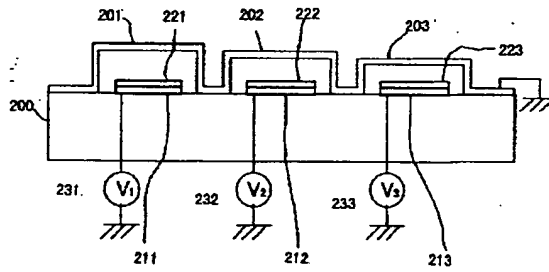
【図9】



【図10】



【図11】



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

☐ **BLACK BORDERS**

☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**

☐ **FADED TEXT OR DRAWING**

☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**

☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**

☒ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**

☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**

☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**

☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**

☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.